火　山

第 2 集

第 5 巻　第 3 号

昭和 36 年 2 月

論　　説

日 本 火 山 学 会

（東京大学地震研究所内）

日本火山学会会則

1. 本会は日本火山学会と称する.
2. 本会は火山学及びこれに関連する学問の進歩のため随時次の事業を行なう.
 イ) 研究発表及び討論会の開催.
 ロ) 会誌"火山"の発行.
 ハ) その他.
3. 本会に次の役員をおく.
 委員長 1名
 委 員 30名以内（委員長を含む）
 幹 事 若干名
 委員は会員の互選により，委員長は委員の互選により選出され，幹事は委員長が委嘱する.
 役員の任期は2年とし，隔年3月に改選する．再選をさまたげない.
4. 委員長は本会を代表し，委員は会の運営に当る．幹事は会の事務を分担する.
5. 総会は委員長が召集し，少なくとも年1回開催する．総会の成立は普通会員1/8以上の出席を要する.
6. 会員は名誉会員，普通会員および賛助会員とし，会費は普通会員は年500円，賛助会員は年1口5000円以上とする.

附 則

1. 本会の事務所は東京大学地震研究所内におく.
2. 委員の選挙は普通会員による30名連記の通信選挙により，地球物理関係，地質関係，地球化学関係の各部門間に適正に配分されるように考慮して行なわれる.
3. 会計年度は4月1日に始つて3月末日に終る.
4. 会則の変更は総会の議決による.

お 願 い

1. 昭和33年5月の総会で承認されました会員再登録を実施しておりますが，本会に関心を持たれる会員でまだ再登録カード未提出の方は事務所宛お送り下さい.
 再登録されない方は会員の事務的取扱いを停止されますから至急手続をお取り下さい.
2. 寄稿論文の図版が不完全の方が多いのですが，そのまま印刷できるようにしてお出し下さい.

第2集 第5巻　　火　　山　　第3号

昭和 35 年 12 月

論　　説

焼岳火山の噴気孔周辺における変朽現象について

東京大学地震研究所　小　坂　丈　予

(昭和 34 年 10 月 29 日発表，昭和 35 年 12 月 15 日受理)

Some Alteration Phenomena in the Volcanic Rocks at the Fumaroles, Volcano Yakedake, Prefectures Nagano-Gifu.

Joyo OSSAKA
Earthquake Research Institute, Tokyo University

1. The Volcano Yakedake (Prefectures Nagano-Gifu), in Central Japan has been almost dormant since 1932, only with weak fumarole activity in and around its summit dome.

2. Temperature of the fumarole gases, steam vapour with or without a little amount of H_2S and SO_2, is not higher than 100°C.

3. The water in these five craterlets on the summit faintly contains some chemical components and in the two of them, some influences of volcanic emanation are found in the composition of the water.

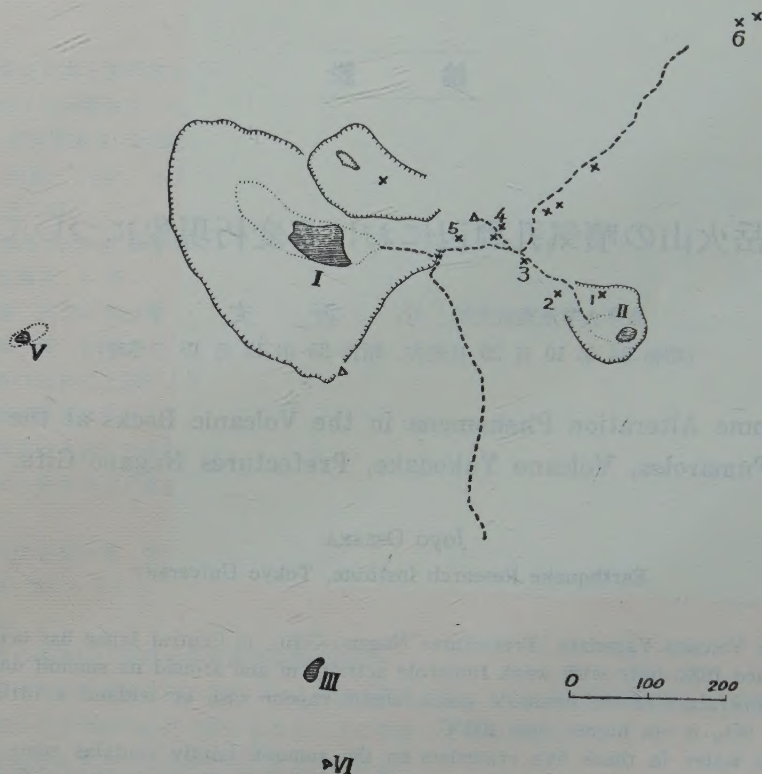
4. In the peripheries of the active fumaroles, some alteration minerals such as *halotrichite*, *alunogen*, and *natron-alunite*, were identified. The former two are mixed with each other in various proportion. The chemical transformation of the volcanic rocks in its alteration processes is here discussed.

§1. ま　え　が　き

長野，岐阜両県境にある焼岳火山は，昭和 6～7 年 (1931～1932 年) 頃その噴火を休止して以来，今日まで頂上の噴気現象のみを残し比較的平穏な状態を保つている．山頂附近は含黒雲母紫蘇輝石角閃石安山岩の焼岳上部熔岩よりなつているが[1]，ところによつてはこれらの熔岩や，これをおおつている堆積火山灰層が，長年の噴気作用により，著しく変朽をうけて粘土化しているのが見うけられる．今回はこの硫気孔周辺における，火山灰層の変朽により白色粘土化する現象の1例として，この2次生成物の記載と，原岩よりの変質過程について報告する．

§ 2. 試料の採取点ならびに周囲の状況

焼岳頂上附近と中尾峠北方の高地には，第1図に示すように現在も多数の噴気孔が分布して



第1図 焼 岳 山 頂 附 近 図
×‥‥噴気孔，I～V‥‥火口池

いる．これら噴気は，その混入ガスの組成により，1) H_2S, SO_2 をともに含むもの，2) H_2S のみを含むもの，3) それらのいづれをも検出し得ないものの3種類にわけることができる．また上記3種の噴気孔のうち，1) および 2) に属するものの周辺には灰白色または白色の変朽物が分布し，3) の種類のものには赤色ないし赤褐色の変朽物が多く分布している．

一方噴気孔の温度は，最近の調査では 100°C をこえるものは全くなく，さらに年々降下の傾向をたどつているが*，これまで同火山を調査した加藤鉄之助[1]，小平孝雄[2]，小穴進也[3]らの実測値と綜合すると，第1表や第2図のごとく，約 50 年以前にはこれらの噴気孔のあるものは相当高温であつたことがうかがわれる．

また頂上およびその近くにある5つの火口池の池水の化学成分は，第2表にその一部を示し

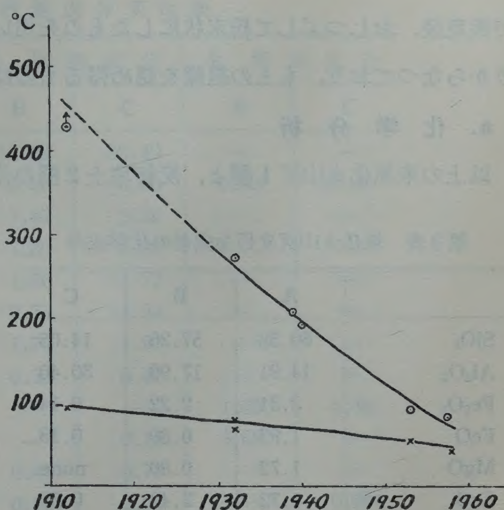
* 別報に詳述する予定

第1表　焼岳噴気孔の温度
(1912 年以降)

測定年次	焼岳頂上	中尾峠北方	測定者
1912	400°以上	92°	加　藤[1]
1932	275°	70〜80°	小　平[2]
1939	209°	—	小　穴[3]
1940	195°	—	小　穴[3]
1953	94°	54°	小　坂
1958	83°	42°	小　坂

第2表　焼岳頂上附近火口池の化学成分

火口池 No.	pH	電気伝導度 μ℧	SO_4 mg/l	Fe mg/l
1	3.7	$80._8$	$29._6$	1.3
2	3.2	$151._2$	$49._0$	1.9
3	5.1	$2._8$	none	0.8
4	4.8	$5._9$	none	0.7
5	5.0	$3._2$	none	0.8



第2図　噴気孔温度の 1912 年以降の変遷
⊙…頂上　　×…中尾峠

たように*，現在噴気孔の残つている頂上部の火口内に存する第1，第2火口池の方が，頂上火口外の南斜面にある他の3つのものより pH が小さく，SO_4 その他の成分も若干多い．このことから前記2つの火口池は，その周囲に存在する多数の噴気孔の影響を相当こうむつていることがうかがわれる．

研究に用いた試料は，このような状況の中で，つぎに述べるような場所をえらんで採取した．すなわち第1図に示す通り，第2火口池北側の火口縁に沿つた活発な硫気孔群のうち，最も大きなガス噴出孔のすぐわきでとつた白色のものと，それより少し外側に面した位置の灰白色のもので，いづれもかなり粘土化した変朽生成物である。また比較のため，ほとんど変朽をうけていないと考えられる試料として，大正 14 年 (1925 年) の焼岳の噴火のさい，長野県安曇村島々に降下したとき直ちに採取された火山灰**も併せて検討することにした．

なお硫気孔附近にはこのほか繊維状のハロトリカイト・アルノーゲン族鉱物も共生しているし，既述の水蒸気孔周辺の赤褐色粘土が赤鉄鉱を含むハロイサイトを主体としたものであることも確認しているが，これらはまた機会をあらためて報告する．

§ 3. 実 験 結 果

採取した試料は，いづれも分離操作をほどこさず，そのまま実験に供した．変朽粘土は室内

** 信州大学小林国夫教授より恵送されたもの．

で風乾後，おしつぶして粉末状にしたものを用いた．これらの試料はいづれも微粒のものばかりからなつており，もとの組織を認め得るものはほとんどなかつた．

a. 化 学 分 析

以上の未風化火山灰1種と，変朽粘土2種の化学分析を行なつた．その結果が第3表の通りである．これを見ると（A）試料の火山灰の成分は，さきの加藤鉄之助[1]の焼岳上部熔岩の化学組成と近似しており，また H_2O などが少ないことなどからも，この状態ではこの試料は変朽作用をあまり受けていないものと考えられる．一方，白色粘土状の試料（C）は SiO_2 の著しい減少をはじめとして，多くの成分について変化が見られ，残余の成分は主として Al_2O_3，SO_3，H_2O および Na_2O，K_2O のみよりなつていて，この試料が変朽作用のはなはだ進んだものであることを示している．灰白色粘土状の試料（B）は（A），（C）両試料の中間の成分を有している．

第3表 焼岳火山灰変朽生成物の化学成分

	A	B	C
SiO_2	60.38	57.26	14.05
Al_2O_3	14.91	17.99	30.40
Fe_2O_3	3.31	2.22	0.14
FeO	1.93	0.89	0.13
MgO	1.72	0.80	none
CaO	4.72	2.40	0.37
Na_2O	3.84	2.58	3.81
K_2O	2.48	2.59	4.09
H_2O^+	0.73	2.87	12.41
H_2O^-	0.82	5.43	1.30
TiO_2	0.90	0.60	0.40
P_2O_5	0.35	0.40	0.72
MnO	0.09	tr.	none
S	—	3.66	—
SO_3	4.01	—	32.51
Cl	0.07	—	
	100.26	99.69	100.33
less O for Cl	0.02		
	100.24		

A．大正 14 年島々に降下した焼岳の火山灰
B．焼岳頂上附近変朽生成物（灰黒色）
C．焼岳頂上附近変朽生成物（白色）

そこで（A）を未変朽の原岩とし，（C）をこの変朽の過程における最終生成物とし，（B）をその中間物と考え，さらに詳しく各成分についてその量比を比較したところ，SiO_2，Fe_2O_3，FeO，CaO，TiO_2 などは減少し，Al_2O_3，Na_2O，K_2O，H_2O，P_2O_5，S（全硫黄）などは増加している．しかしこのような噴気孔周辺での変朽過程から考えて，H_2O，S 等の増加は期待されるが，その他の成分が噴気ガスその他から供給をうけて変朽物質に附加されることは考えにくい．これはむしろ易溶な成分の多量の溶脱によつて，比較的難溶な Al_2O_3 などが見かけの上で増加の形を示したものと考えられる．

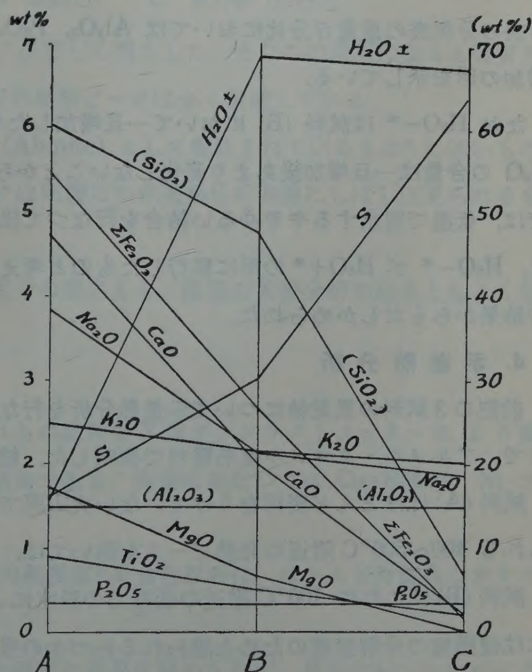
この資料を整理するために，従来行なわれてきた方法のうちの1つによつてこの分析値を換算して，その相互の差異を求めた．すなわちこの変朽現象において最も増加の割合の大きな，とりもなおさず残留の傾向の最も著しいと思われる Al_2O_3 を基準にとり，この成分を不変として，これに対する割合で他の成分量をそれぞれ換算した．もちろん Al_2O_3 にしても，その一部

第4表　焼岳変朽物成分変化表

	1. 残留成分		2. 溶脱成分		2. 附加成分	
	B	C	B	C	B	C
SiO_2	47.46	6.89	12.92	53.49	—	—
Al_2O_3	14.91	14.91	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO_3	1.84	0.07	1.47	3.24	—	—
FeO	0.73	0.06	1.20	1.87	—	—
MgO	0.66	0.00	1.06	1.72	—	—
CaO	1.99	0.18	2.73	4.54	—	—
Ma_2O	2.14	1.87	1.70	1.97	—	—
K_2O	2.15	2.01	0.33	0.47	—	—
H_2O^+	2.38	6.09	—	—	1.65	5.36
H_2O^-	4.50	0.64	—	0.18	3.68	—
TiO_2	0.50	0.20	0.40	0.70	—	—
P_2O_5	0.33	0.35	0.02	0.00	—	0.00
S	3.03	6.73	—	—	1.42	5.12

1.　Al_2O_3 を原岩（火山灰）の 14.91％のまま一定とおいて計算したもの．
2，3 は1項の各成分と原岩のそれとの差．

は溶脱しているのであろうが，その程度がこの場合には最も少ないのでこのように仮定したのである．その結果が第4表の第1項に残留成分として示されたもので，原岩の組成とともに第3図にもかかげた．またこの残留成分を原岩の各対応成分と比較して減少した分を溶脱成分とし，増加した分を附加成分として第4表第2項，第3項にそれぞれ示した．さらに第5表にはこの残留，溶脱，附加の各成分の量と，原岩の同組成のものとの割合を求め，これを百分率をもつて示した．



第3図　焼岳変朽物成分変化図
（Al_2O_3 を一定として計算したもの）
A．未変朽火山灰　B．変朽生成物（灰白色）
C．変朽生成物（白色）
（ ）の成分は右軸，その他は左軸の目盛で表す．

その結果 Al_2O_3 を一定とした場合，$H_2O\pm$，S（全硫黄）などは，新たに附加されて増加しているが，その他の成分は，ほとんど増減のなかつた P_2O_5 をの

第5表　焼岳変朽物成分変化率

	4. 残留成分比		5. 溶脱成分比		6. 附加成分比	
	B	C	B	C	B	C
SiO_2	78.6	11.4	21.4	88.6	—	—
Al_2O_3	100.0	100.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Fe_2O_3	55.6	2.11	44.4	97.9	—	—
FeO	37.8	3.11	62.2	96.9	—	—
MgO	38.4	0.00	61.6	100.	—	—
CaO	42.2	3.81	57.8	96.2	—	—
Na_2O	55.7	48.7	44.3	51.3	—	—
K_2O	86.7	81.0	13.3	19.0	—	—
H_2O^+	362.	834.	—	—	226.	734.
H_2O^-	549.	78.0	—	22.0	449.	—
TiO_2	55.6	22.2	44.4	77.8	—	—
P_2O_5	94.3	100.	5.7	0.00	—	0.00
S	188.	418.	—	—	88.2	318.0

4, 5, 6 とも原岩の各成分に対する割合を求めたもの（%で示す).

ぞいては，いづれも減少を示している．しかしそのうちでも，溶脱率の小さい K_2O などは第3表の分析表の重量百分比においては Al_2O_3，P_2O_5 のごとき変化のない成分とともに見掛上増加の形を示している．

なお H_2O-* は試料 (B) において一旦増加したものが，また試料 (C) では減少しており，H_2O の合量は一旦増加後あまり変化しないことから考えても，H_2O は，変朽のはじめの過程では，低温で脱水するややゆるい結合を行なつて後，変朽が進むにつれてその結合が強固になり，H_2O-* が H_2O+* の形に移行したものと考えられる．このことはまたつぎの示差熱分析の結果からもたしかめられた．

d. 示差熱分析

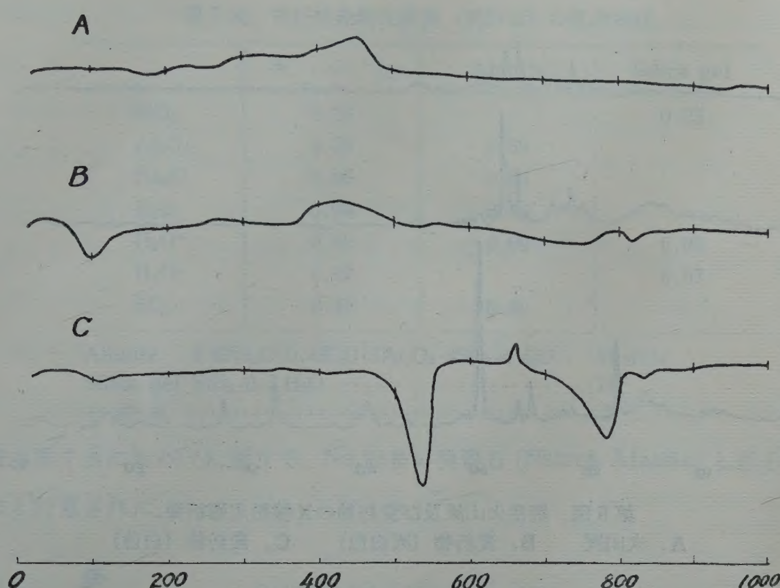
前記の3試料の風乾物について示差熱分析を行なつた．温度上昇率は 10°C/min で 1000°C まで，アルメル・クロメル複熱電対で測定した．結果は第4図に示す．

試料 (A) はほとんど変朽をうけていない火山灰で，硫黄または硫化鉱物の混在のためと考えられる 400～500°C 附近の発熱ピークを除いては，おおむね平亘な図形を示している．

試料 (B) はこれに 100°C 附近の低温での脱水による吸熱ピークが加わり，また 800°C 附近には硫酸塩の分解脱硫のためと思われるわづかの吸熱ピークが生じている．

さらにこの変朽の最終生成物と考えられる試料 (C) については，100°C 附近の低温の脱水ピークはかえつて小さくなり，これに引きかえて 540°C の位置に高温脱水の大きな吸熱ピーク

* 風乾した試料につき 110°C で脱水する水分を H_2O-，それ以上の温度のものを H_2O+ とした。



第4図　焼岳火山灰及び変朽物の示差熱分析曲線
A．火山灰　　B．変朽物（灰白色）　　C．変朽物（白色）

が生じ，800°C 前後の硫酸塩の脱硫のピークが著しく増大した．またこの段階になると硫黄または硫化鉱物によると思われる 400°C 附近の発熱ピークは全く消滅している．

この示差熱分析曲線は，これまで明礬石（Alunite）として報告されているもの[4]に近いものである．なお 660° 附近の小さな発熱ピークは明礬石の示差熱分析曲線にしばしば見られるものである．

以上の示差熱分析の結果は，さきの化学成分の変化とも，後述のX線分析の結果ともよく対応している．

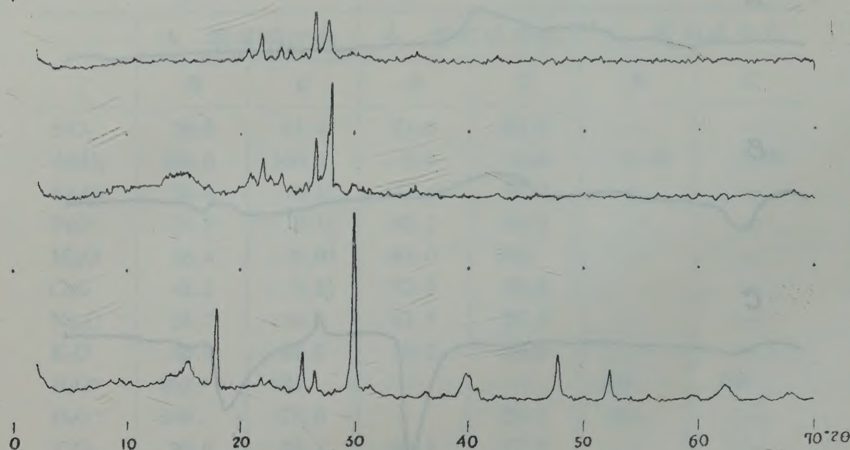
c. X 線 分 析

以上の成果をさらにたしかめるため，これらの試料をX線ディフラクトメーターにより測定したのが第5図ならびに第6表に示した結果である．測定にあたつては Cu-対陰極，Ni-フィルターを用いた．

それによると試料（A）の火山灰はわづかの斜長石[5]を含む以外は，ほとんど非結晶のガラス質のみであつた．

試料（B）においてもX線的には（A）との顕著な差異は認められず，長石のわづかのピークのほかは，ゲル状物質の成長を思わせる，拡散した帯状の廻折線が1～2本認め得るにすぎなかつた．

しかし試料（C）にいたつては，ほとんどの廻折線が明礬石の明瞭なピーク[5]のみよりなり示



第5図　焼岳火山灰及び変朽物のX線粉末廻析像
A．火山灰　B．変朽物（灰白色）　C．変朽物（白色）

第6表　焼岳変朽物X線廻折値

Feldspar		A		B		C		Alunite	
*d*Å	*I*	*d*Å	*I*	*d*Å	*I*	*d*Å	*I*	*d*Å	*I*
6.41	ms	—	—	6.11	4b	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	5.72	5b	5.63	m
—	—	—	—	—	—	4.98	14	4.91	s
		4.29	2	4.29	4	—	—	—	—
4.04	s	4.08	6	4.08	7	4.08	2	—	—
3.81	ms	3.93	1	3.97	3.5	3.97	2b	3.842	w
3.73	s	3.77	3	3.80	4	—	—	—	—
3.64	s	3.66	2	3.68	2	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	3.51	7	3.512	ms
3.48	m	3.48	2	3.49	2	—	—	—	—
3.35	m	3.36	8	3.36	10	3.38	4	3.320	m
3.18	vs	3.22	7	3.21	20	—	—	—	—
2.94	s	2.96	2	3.01	2	2.99	33	2.993	ss
2.90	ms	—	—	2.88	2	2.87	2b	2.846	ww
2.84	ms	—	—	—	—	—	—	—	—
2.55	ms	2.53	2.5	2.56	2.5	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	2.48	7	2.503	w
2.43	ms	2.38	1	2.43	1.5	2.37	4	—	—
—	—	—	—	—	—	2.26	5b	2.265	s
—	—	—	—	—	—	2.21	2	2.110	w
—	—	—	—	—	—	—	—	2.004	ww
—	—	—	—	—	—	1.90	8	1.903	ss
—	—	—	—	—	—	1.82	—	1.825	ww
—	—	—	—	—	—	1.75	—	1.746	s
—	—	—	—	—	—	1.65	—	1.637	m
—	—	—	—	—	—	1.55	—	1.553	w
—	—	—	—	—	—	1.49	—	1.492	s

A．火山灰　B．変朽物（灰黒色）　C．変朽物（白色）

差熱分析の結果を支持することになつた．さらに化学分析の結果と考え合せると，試料 (C) の

第7表　変朽物最終生成物（試料C）の鉱物組成

	モ　ル　比	Alunite	Silica gel
SiO_2	0.23		0.23
Al_2O_3	0.30	0.30	
Na_2O	0.06	0.06	
K_2O	0.04	0.04	
H_2O^+	0.69	0.60	0.09
H_2O^-	0.07		0.07
SO_3	0.41	0.40	

Alunite　$0.6Na_2O \cdot 0.4K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 4SO_3 \cdot 6H_2O$ ····81 wt%
Silica gel $SiO_2 \cdot 0.7\,H_2O$ ························17
そ の 他 ···································· 2

鉱物組成は第7表にかかげた通りで，Na の多い明礬石 (Natron-Alunite) と若干の珪酸ゲルを含むものと計算された.

§結　　　語

火山における岩石の変朽の現象には，いろいろの種類があり，その環境や条件の相違により，変化の過程や変朽生成物がそれぞれ異なつたものになる．以上述べて来た焼岳の噴気孔周辺の変朽現象も，そのうちの1例に過ぎないが，ここでは温度の高い硫気孔の周囲で，しかも溶脱作用のあまり著しくない状態のもとで，明礬石が生成し，その上これが水に不溶性であるため，一般には易溶性と考えられている Na，K がこの中にとりこまれて溶脱がさまたげられ残留，濃縮が行なわれたものと考えられる.

終りにこの研究を行なうにあたつて終始御理解を賜り，かつこの原稿を御校閲下さつた当研究室主任，森本良平助教授に深く感謝申上げる．また試料の一部を賜わつた信州大学の小林国夫教授，並びに現地調査にあたつて種々御協力を賜つた奥原正明，田家照生の両氏にも御礼申し上げる.

文　　　献

1) 加藤鉄之助: 震予調報 **75**, 29～45 (1912).
2) 小平孝雄: 火山 **1** 52～64 (1932).
3) S. Oana: Bull. Chem. Soc. Jap., **17** 302 (1942).
4) R. C. Mackenzie: "Differential Thermal Investigation of Clays", p. 370 (1957).
5) 久保輝一郎・加藤誠軌: "X線廻折による化学分析", p. 260 (1955).

火山性脈動について

九州大学理学部　物理学教室　下　鶴　大　輔
(昭和35年10月24日発表，昭和35年12月1日受理)

Volcanic Micro-seisms
——Discussion on the Origin——

Daisuke SHIMOZURU
Department of Physics, Kyushu University

Nature and origin of volcanic micro-seisms (micro-tremor or harmonic tremor) are to be attached great importance for the prediction of eruption of volcanoes, especially of Strombolian and Hawaiian type.

Ten years ago, OMER, G.C. advocated the origin of volcanic micro-seisms observed at various volcanoes as the natural period of longitudinal vibrations of horizontal elastic layer composing the outer superficial layer of the volcanoes. However, his adopted materials, being the base of the calculation, jumbled the observed data obtained by the seismographs of various characteristics and at various distance from the origin. Therefore, we gathered the seismograms observed by the seismographs of the same frequency characteristics and registered very near the source (not more than 600m). The frequency distribution of micro-seisms were constructed for the volcanoes Kilauea, Nyiragongo, Mihara, Aso and Sakura-zima. The results show that the predominating period of the micro-seisms becomes shorter as the volcano becomes acidic.

The author concluded that the volcanic micro-seisms are generated by the free logitudinal vibration of the viscous lava column having the effective length of 500 m.

The natural period for each volcanoes as calculated by verifing the viscosity of the column agreed satisfactorily with the observed predominating period of volcanic micro-seisms.

§1. 序　論

火山に発生する脈動の発震機巧について論じるのが，この論文の目的である．われわれの一般的な経験からいつて，非常に acidic な安山岩質火山では，その活動と火山性地震との間に密接な関係があることが知られ，また，一方，Stromboli 式，ないしは Hawaii 式の噴火活動をする basic な火山では，火山性脈動が発生し，それもまた，噴火活動の相により，脈動の様相が変つてくることも知られている．安山岩質火山でも，勿論脈動が全然出ないとはいえないが，地震が頻発することによつて，脈動となるエネルギーは，ごく少ないと考えられる．

このように火山に発生する脈動 (Volcanic micro-seisms, volcanic micro-tremors, volcanic harmonic-tremors)* がどのような mechanism で発生するのかという問題は，basic な火山の活動を予知する上に大切なことである．

---

* 以下単に脈動と記すことにする．

脈動の発震機巧を論じたものはいくつかあるが，その中で G. C. OMER[1] は世界中のいくつかの火山で，色々な人が測定した脈動の周期をならべて，長周期の脈動（0.3～0.6秒）と短周期の脈動（0.1～0.2秒）とにわけた．そしてそれぞれの振巾比から，山体を形成している成層が水平方向に，ある effective length を持つていて，magma の上昇に伴つて，その端面に生ずる静水圧の変動によつて励起される縦振動と考えると，丁度ハワイで観測された地殻変動から推定される block の長さを説明するのに都合がよいとした．OMER の考え方は，いいかえれば，山体を形成している弾性棒の縦振動であるということで，その論拠となるものは，

1. 長周期脈動と短周期脈動の振巾比，
2. 弾性棒の縦固有振動周期（脈動の周期）から推定される棒の有効長と，地殻変動の観測から推定される block の dimension とがハワイの場合，よく合う．

ということである．しかし，われわれの経験によればつぎのような事実がある．

1. 短周期脈動と長周期脈動の振巾は火山活動の phase によつて異なる．
2. 脈動は，はつきりと，このように2つには分けられず，ある frequency range をもつた spectrum として考えなければならない．
3. 観測点が脈動の source より遠くなれば，短周期の波の減衰を考えに入れなくてはいけないので，観測された直接の振巾比を計算の basic assumption にするのはまちがつている．
4. 地震計の周波数特性が違えば，観測される記録も異なつてくる．したがつて，脈動の周期，振巾を比較議論するときは，この点を特に注意しなければならない．

以上の観点から，もう一度脈動のデータを整理してみる必要がある．この論文では上のようなことを注意して整理された脈動（1秒以下）の発震機巧について議論する．

§ 2. 脈動の観測結果の整理

ここでは脈動の周期が1秒以下のものについて議論することにする．前章で述べたように，脈動の周期は火山活動の stage によつて様相がちがい，活動期にあつては，比較的短周期の脈動が卓越してくる．われわれの観測は，ほとんどが個々の火山の活動期に観測されたもので，そういうものに限つて，記録を整理した．また，地震計の特性も，0.1～1.0秒までの周期範囲では flat な特性曲線をもつたものによつた記録のみをとりあげた．また，脈動の減衰，または，成層を伝わる表面波の性質(層の厚さに依存するもの)から逃れるため，できるだけ，脈動の source に近いところで観測されたものに限つて議論の対称とした．

本来ならば，spectrum について論ずべきではあるが，便宜上，周期別頻度分布図を作製し，

それらの卓越周期をもつて，脈動の周期とした．第1図より第5図までは5つの火山で観測された脈動の histogram である．

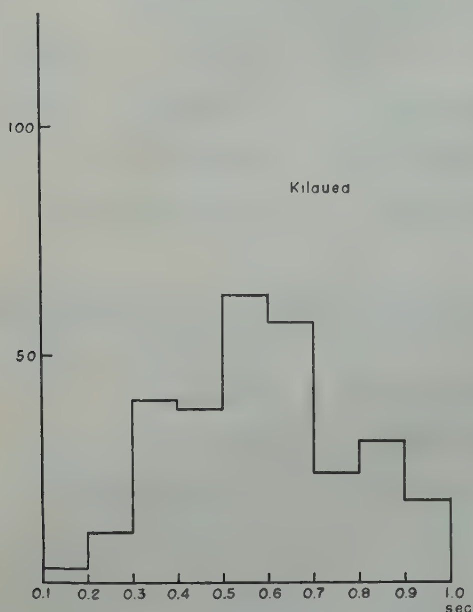


Fig. 1 Frequency distribution of volcanic micro-seisms at Kilauea.

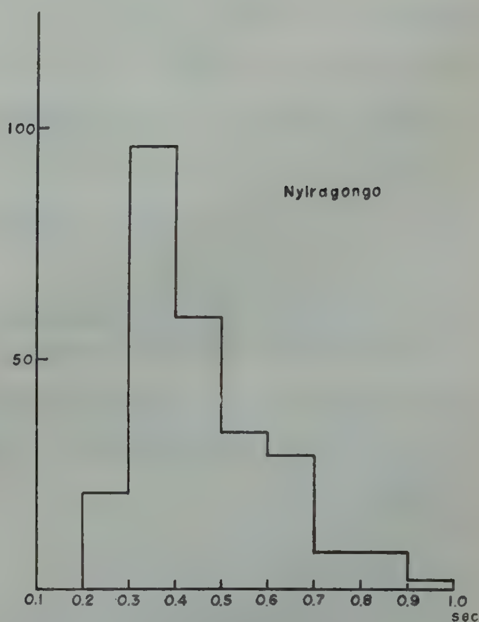


Fig. 2. Frequency distribution of volcanic micro-seisms at Nyiragongo.

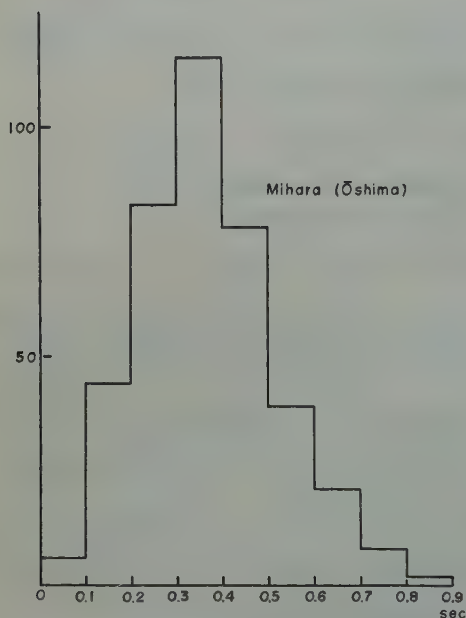


Fig. 3. Frequency distribution of volcanic micro-seisms at Mihara.

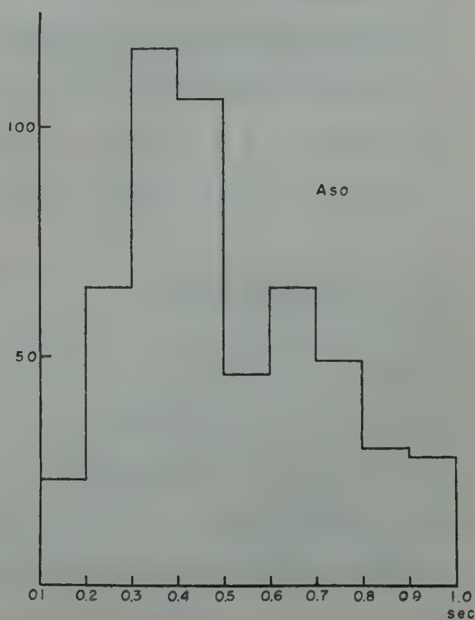


Fig. 4. Frequency distribution of volcanic micro-seisms at Aso.

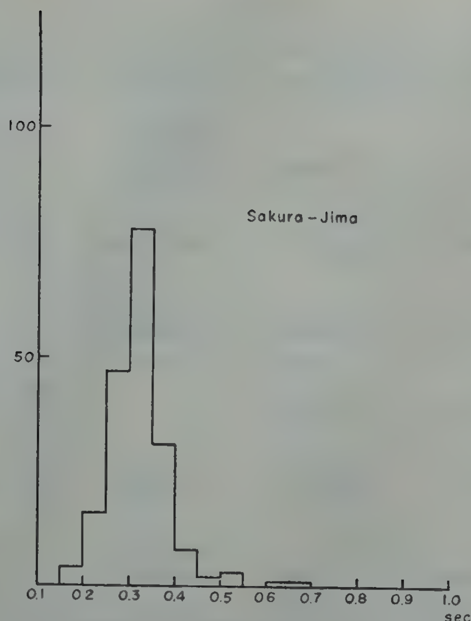


Fig. 5. Frequency distribution of volcanic micro-seisms at Sakura-zima.

Kilauea の記録は 1955 年5月 26 日，Kilauea Caldera の東縁で観測された記録の copy を J.P. EATON の好意で送られたものである．このときは噴火が盛に行なわれていた．

Nyiragongo の記録は下鶴と Ed. BERG が 1959 年8月～9月 crater の中で観測したもののうち，8月 26 日の記録の一部であつて，脈動の source からはきわめて近いと思われ，conduit からは盛に lava の噴出が行なわれていた．

Mihara の記録は水上等[2] が火口より 600 m 離れた外輪山内で 1950 年9月 16 日に観測したもので，頻度分布図は水上の論文より reproduce した．

Aso の記録は，下鶴が，1959 年5月 30 日に，第一火口より 100 m 離れた場所で観測したものである．

Sakura-zima の記録は水上等[3] が 1956 年 12 月 12 日に南岳火口より 500 m の位置において観測したもので，頻度分布図は，水上の論文より reproduce した．

Paricutin の記録については，地震計の特性，観測日時，観測点が不明であるが，一応 OMER の論文中より，周期のみを数字で表わした．

以上の資料をもとにして，計算した脈動の卓越周期とともに，現在まで色々の人によつて発表された熔岩または噴出火山灰の中の silica の含有率，流出熔岩流の温度，熔岩の粘性を同時に集録したものが TABLE I である．

TABLE I

Volcano	Period of micro-seisms in sec.	Average silica content in lava in percent	Temperature of lava in °C	Seismographs, period in sec.*	Viscosity of lava in c.g.s.
Kilauea	0.5-0.7 (J.P. EATON)	47 (D.H. RICHTER)	1120-1190 (RICHTER, EATON)	$T_0=0.5$ $T_g=0.5$	—
Nyiragongo	0.3-0.5 (D. SHIMOZURU, Ed. BERG)	40 (T.G. SAHAMA, A. MEYER)	1095 (J. VERHOOGEN)	$T_0=1.0$ $T_g=0.3$	—
Mihara	0.2-0.5 (T. MINAKAMI)	52 (I. IWASAKI)	950-1100 (T. MINAKAMI)	$T_0=1.0$ $T_g=0.3$	10^3 (R. TAKAHASI, D. SHIMOZURU)
Aso	0.3-0.5 (D. SHIMOZURU)	53 (S. TANEDA)	—	$T_0=1.0$ $T_g=0.3$	—
Sakura-zima	0.25—0.35 (T. MINAKAMI)	60 (S. TANEDA)	950 (T. NAGATA)	$T_0=1.0$ $T_g=0.3$	10^8-10^9 (T. NAGATA)
Paricutin	0.10-0.20 (L.F. COVARRUBIAS)	55-59 (R.E. WILCOX)	1050-1070 (KRAUSKOPF)	—	10^5-10^6 (KRAUSKOPF)

* Natural periods of transducers and galvanometers are denoted by T_0, T_g.

表中，括孤の中の人名は論文の著者を意味しているが，中には，口頭発表の数字，あるいは未発表のものであるが，個人的にお知らせいただいたものもある．

§3．脈動の発震機巧に関する議論

今，第1図から第5図までの histogram を曲線になおして，1つの図にかきなおしてみると，第6図のようになる．この図を見ると，安山岩質の火山では histogram が比較的 sharp になり，玄武岩質の火山では，それがゆるやかになるように思われる．もしも，脈動の周期が，山体を構成している層の振動であると考えるならば (OMER のごとく)，安山岩質火山では山体をおおつている物質は，多くは pyroclastic flow であり，玄武岩質の火山では，より compact な構造をもつた lava flow であろうから，上の事実を説明するには，きわめて不利になる．何故ならば，粗な構造をもつた pyroclastic flow の棒の自由振動の共鳴曲線は，lava flow のそれよりも，Q が低いために，ひろがるであろうと考えられるからである．

つぎに TABLE I 中の数字を使つて，脈動の周期と熔岩中の珪酸成分との関係および，熔岩温度との関係を図示すると，第7図および第8図のごとくなる．

この2つの図を見れば明らかなように，脈動の周期は，熔岩の粘性，あるいは温度と密接な関係にあることが判る．すなわち，SiO_2 の含有率が多くなると，脈動の周期は，はやくなり，あるいは熔岩の温度が低いと，脈動の周期は，はやくなる．一般に，SiO_2 の含有率が少ない

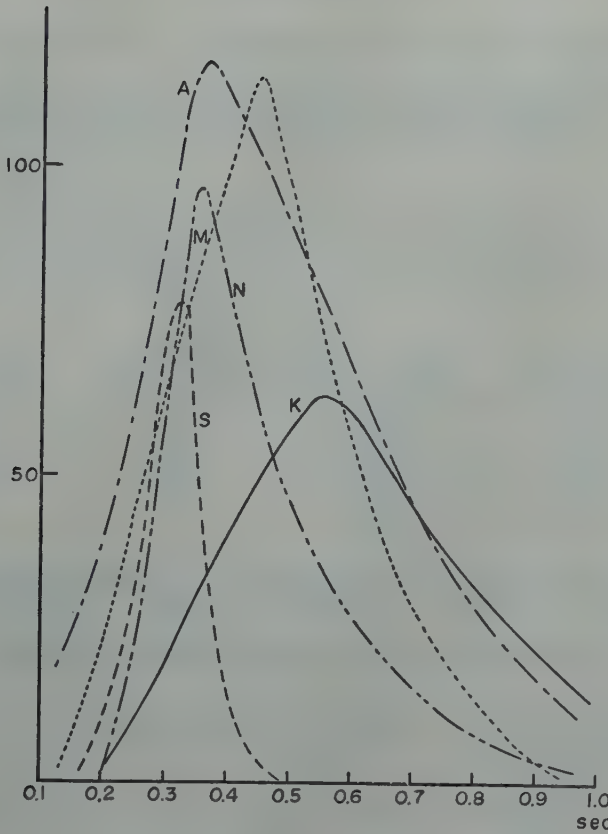


Fig. 6. Smoothed histogram of volcanic micro-seisms for Kilauea, Nyiragongo, Mihara, Aso and Sakura-zima.

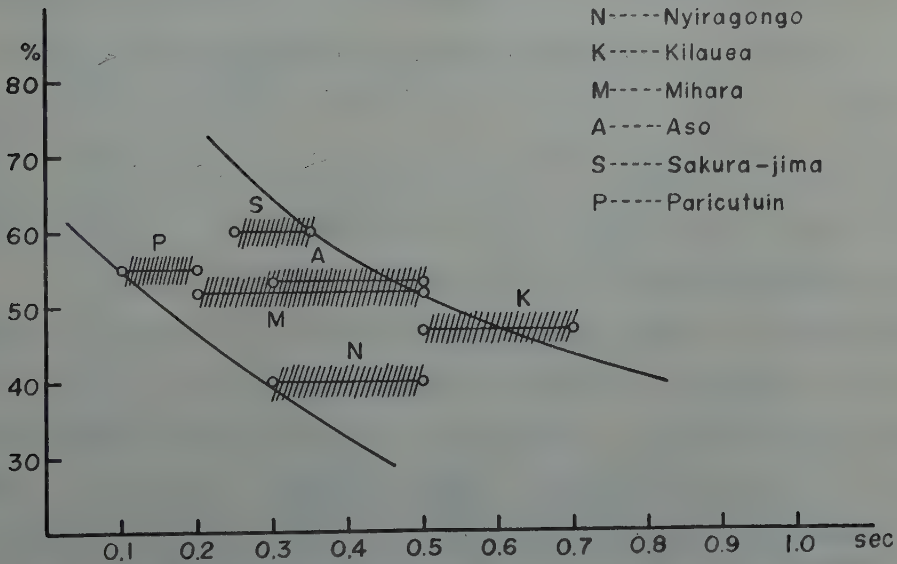


Fig. 7 Predominating period of volcanic micro-seisms versus average silica content in lava for each volcano.

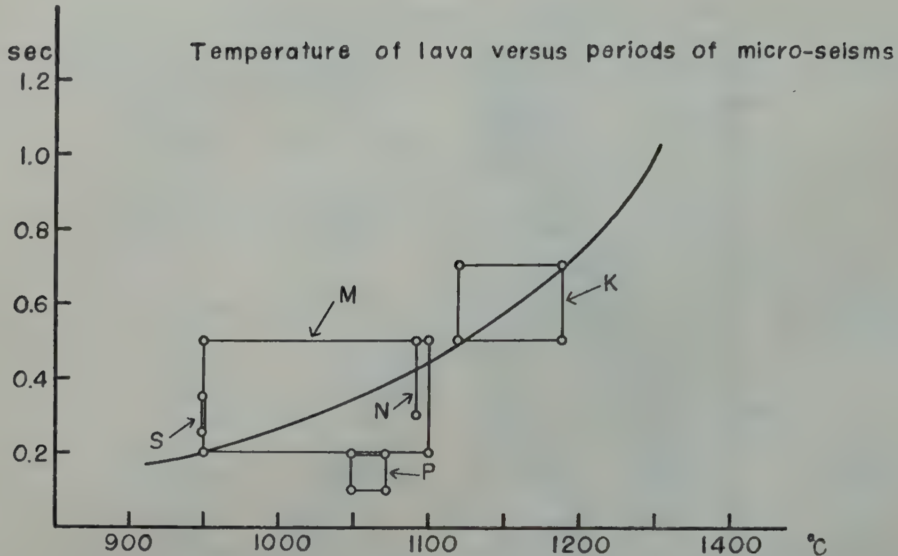


Fig. 8 Temperature of lava versus periods of volcanic micro-seisms.

basic な熔岩は温度が高い傾向にあることを考えれば，第7図と第8図で示された性質は consistent である．

そこで，熔岩の SiO_2 の含有率，または温度というような量を，もう少し機械的な量におきかえて，脈動の周期との関連をしらべる必要がある．SiO_2 の含有率および，温度がともに，熔岩の粘性を左右することは，よく知られた事実であるから，つぎに熔岩の粘性と脈動との性質について考えてみる．一般に粘性係数は，温度とともに指数的に減少するので，上に示した経験的事実は，いいかえると，粘性係数が高くなると，脈動の周期が早くなると云える．

今，垂直の conduit の中に viscous な lava がつまつていて，その lava column の振動が脈動の source であると仮定してみる．種々の振動の様式の中で，viscous column の縦振動が最も natural であると考えられる．したがつて，脈動の周期は，このように考えた lava column の縦固有振動周期であるとして，つぎに数量的にあたつてみる．

熔岩の粘性に関しては，実験室で測定されたものが沢山あるが，揮発性成分のことを考慮に入れて，野外で実際に観察され，測定された粘性と温度の関係を用いることにする．さらに，各温度に対する縦波の速度のデータが必要になるが，現在のところ，molten state における速度測定値がないため，佐久間[4]の行なつた Young 率の測定値を用いることにする．実験の試料は大島熔岩であつて，温度と Young 率の関係が求められているが，これは揮発性成分が逃げてしまつた試料なので，実際の地下では Young 率は，同じ温度に対して，より低い値を

とるはづである．高温において，Young 率の減少と粘性の減少の仕方の間に，ある比例関係があると考えて差支えないので，今，粘性係数を，ある値におさえ，実験室で，その粘性係数を示す温度を佐久間の実測値より求め，その温度に対す Young 率の値をグラフより外挿，あるいは内挿して求める方法をとる．

したがつて，ある温度に対する Young 率は実験室での実測値とは異なつたものとなつてくる．このようにして求めた粘性係数，温度，Young 率，縦波の速度は Table II のごとくなる．

Table II

Viscosity in c.g.s.	Temperature in °C	Young's modulus in c.g.s.	Velocity of longitudinal waves in km/sec
10^2	1190	7.0×10^{10}	1.58
10^4	1065	3.4×10^{11}	3.46
10^6	1000	5.5×10^{11}	4.47
10^8	970	6.0×10^{11}	4.60

上表で，縦波の速度は $(E/\rho)^{\frac{1}{2}}$ で計算し，密度は 2.8 gr/cm³ とした．今 viscous column の縦振動を計算するに際して，両端自由の条件をとり，column の effective length の長さを 500 m としたときの縦固有振動周期は Table III のごとくなる．

Table III

Viscosity in c.g.s.	Temperature in °C	Vibration period in second
10^2	1190	0.63
10^4	1065	0.29
10^6	1000	0.22
10^8	970	0.21

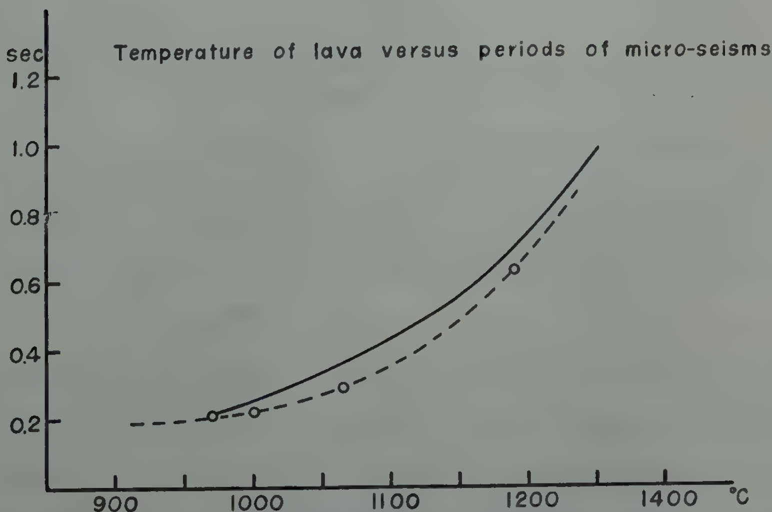


Fig. 9 Temperature of lava versus periods of volcanic micro-seisms. Dotted line is the calculated curve, and the solid line is the observed curve, which is shown in Fig. 8.

上表の温度と固有周期の関係を Fig. 9 に点線で示してある．図中には，実際に観測された TABLE I に表してある温度と脈動の周期をも同時に示してある．

この両方は非常によい近似で合つている．すなわち火山性脈動のうち，比較的周期の短い1秒以下のものは， effective length 500 m の lava column の縦固有振動周期として考えれば，種々の火山での脈動の周期および，それらの火山での熔岩の機械的性質をきわめてうまく説明が出来る．

§ あとがき

Kilauea 火山の脈動記録のうつしを送つて下さつた Dr. J. EATON にお礼申しあげる．

この研究の一部は文部省綜合研究費によつてまかなわれた．

文 献

1) G. C. OMER: Volcanic tremor. *Bull. Seis. Soc. Amer.*, **40**, 175～194 (1950).

2) T. MINAKAMI et al.: The 1950～1951 Eruption of Oo-shima and its Seismometrical Investigation (I). *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **29**, 359 (1951).

3) 水上 武 その他: 桜島の爆発的噴火と同火山に発生する地震の研究 (1)，火山，第2集，**2**，77～90 (1957).

4) S. SAKUMA: Elastic and Viscous Properties of Volcanic Rocks at High Temperatures. Part 3. *Bull. Earthq. Res. Inst.* **31**, 291～303 (1953).

岩手火山山頂の噴気の化学成分

東京都立大学理学部化学教室　野口喜三雄
上野精一
一国雅巳
岩手大学学芸学部化学教室　後藤達夫

（昭和35年10月26日発表，昭和36年1月5日受理）

Chemical Composition of Fumarole Gases Obtained from Volcano Iwate

Kimio Noguchi, Tatsuo Goto, Seiichi Ueno and Masami Ichikuni
Chemical Institute, Faculty of Science, Tokyo Metropolitan University
Chemical Institute, Gakugei Faculty, Iwate University

At the bottom of the crater and the slope of the central cone Myokogatake of Mt. Iwate many fumaroles are found, from which an enormous amount of volcanic gases containing H_2O, H_2S, SO_2, CO_2, HCl, HF, HBr etc. flow out. The authors examined those fumarole gases on July 27 and September 29～30, 1960. We found sublimates of alunogen, halotrichite, sulfur etc. at such fumaroles that show the temperature near to 100°C and ammonium chloride at the fumaroles showing 144～205°C. As to the chemical compositions of ammonium chloride, condensed waters and fumarole gases, the following results were obtained:

1) Ammonium chloride
   - No. 1. Temp. 205°C, NH_4 33.5, Cl 65.9, SO_4 0.0, Br 0.15, B 0.000 (wt. %) (Theoretical value: NH_4 33.7, Cl 66.3)
   - No. 2. Temp. 183°C, NH_4 33.4, Cl 66.1, SO_4 0.0, Br 0.21, I 0.0003, B 0.000 (wt. %)
   - No. 3. Temp. 144°C, NH_4 33.6, Cl 66.3, SO_4 0.0, Br 0.14, I 0.0003, B 0.000 (wt. %)
2) Condensed water
   - No. 2. Temp. 183°C, pH 1.4, H_2S 104, SO_2 143, SO_4 5.4, Cl 2876, Br 1.0, I 1.8, B 0.0, Na 2.38, K 0.16, NH_4 16.2, Fe 0.10 (mg/l.)
   - No. 3. Temp. 144°C, pH 1.8, H_2S 241, SO_2 297, SO_4 1.0, Cl 784, Br 0.2, I 0.3, B 0.0, Na 6.21, K 0.43, NH_4 18.4 (mg/l.)
3) Fumarole gas
   - No. 2. Temp. 183°C, H_2O 98.3, CO_2 1.46, H_2S 0.109, SO_2 0.0817, HCl 0.0376, NH_4Cl 0.00181 (vol. %)
   - No. 3. Temp. 144°C, H_2O 98.2, CO_2 1.84, H_2S 0.117, SO_2 0.152, HCl 0.0185, NH_4Cl 0.00167 (vol. %)

The temperature above mentioned was measured at the orifice of fumaroles.

§1. 序論

岩手山は盛岡市の西北方約 24 km のところにそびえ海抜 2070 m である．この山の地質については桜井の詳細な報告[1,2] がある．東岩手山頂の噴気については桜井の報告によると妙高岳山頂附近御室火口より硫気ガスが噴出し近づくことができない旨記されており，また妙高ガ岳東麓にある胎内潜の岩の下に以前小噴気孔があつたと言われ更に西岩手山の大地獄谷の硫気孔および姥倉ガ岳の頂上の噴気などが報告されている．しかしこれらの報告にては，ガスの組

成ならびに噴気孔温度等については全く記載されていない.

岩手山の有史以後の噴火歴史をみると貞享3年閏3月3日（1686年4月25日）に噴火し享保4年正月（1719年2月）にも大噴火し焼走溶岩流が流出している. ついで享保16年（1731年）11月25日に小噴火があつたが, その後は活動が沈静し, 僅に文政6年（1823年）8月初旬より翌年3月におよんで火山性地震を頻発し, 昭和10年3月24日午後5時頃岩手山9合目附近より約100mの高さに黒煙を断続的に噴き上げ夕空に物凄く見えたことが報告されている[3~5].

著者は1960年7月27日山頂の噴気を調査した際塩化アンモニウムが昇華物として噴気孔の孔口附近に多量に析出しているのを発見したので同年9月28日再び登山し3日間噴気孔ガスの調査を行なつた. その結果をここに報告する.

活火山の火口から出る噴気中にしばしば塩化アンモニウムが含まれていることが報告されているが綺麗な昇華物として多量に得られた例は比較的少なく, 日本では大正3年桜島大噴火の際多量に得られたことが報告されている.

§2. 測 定 法

温度: 360°C の留点温度計を用いて測定した.

pH: 比色法により測定した.

Cl: 試料水は酸性を呈するからまず温めて硫化水素を追出して後モール法で測定した.

SO_4: 塩化バリウムによつて硫酸バリウムの沈殿をつくり比濁法で定量した.

H_2S: 試料水に炭酸カドミウムの懸濁液を加え生じた硫化カドミウムの沈殿を沪別し, 沈殿をろ紙ごと三角フラスコに移しヨウ素のヨウ化カリウム水溶液と塩酸を加え残つたヨウ素をチオ硫酸ナトリウムで滴定した.

SO_2: 試料水に一定量のヨウ素のヨウ化カリウム溶液を加え残つたヨウ素をチオ硫酸ナトリウムで滴定してヨウ素消費量を求め, これより硫化水素に基因するヨウ素消費量を差引いて算出した.

S: 試料水を塩酸と塩素酸カリウムの混合物で酸化してイオウを硫酸にかえ, 更にこれに塩化バリウムを加えて, 硫酸バリウムの沈殿をつくり秤量してこれから H_2S, SO_2 が酸化されて生じた硫酸に基因する量を差引いて求めた. このイオウはつぎの反応で生じたイオウと考えられるので



$$2H_2S+SO_2=2H_2O+3S$$

この式にしたがつて S を SO_2, H_2S に換算し, これをそれぞれ先の H_2S, SO_2 の値に

加えた.

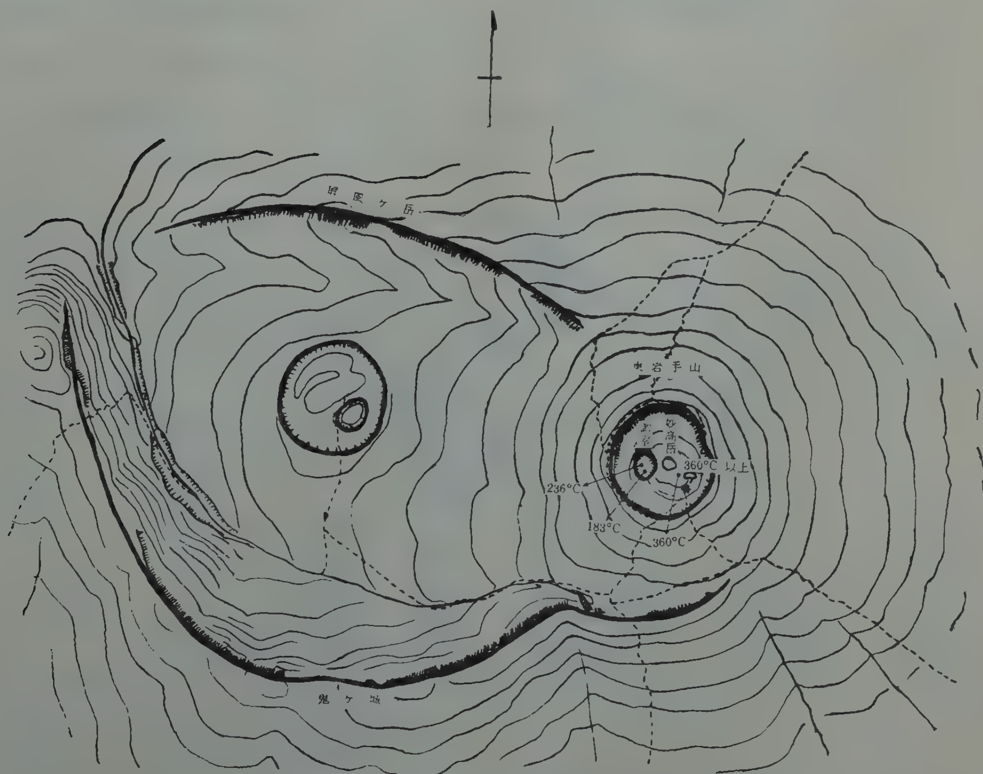
Na, K: 炎光分光分析法によつて定量した.

Fe: α, α'-ジピリジルを用い，比色法で定量した.

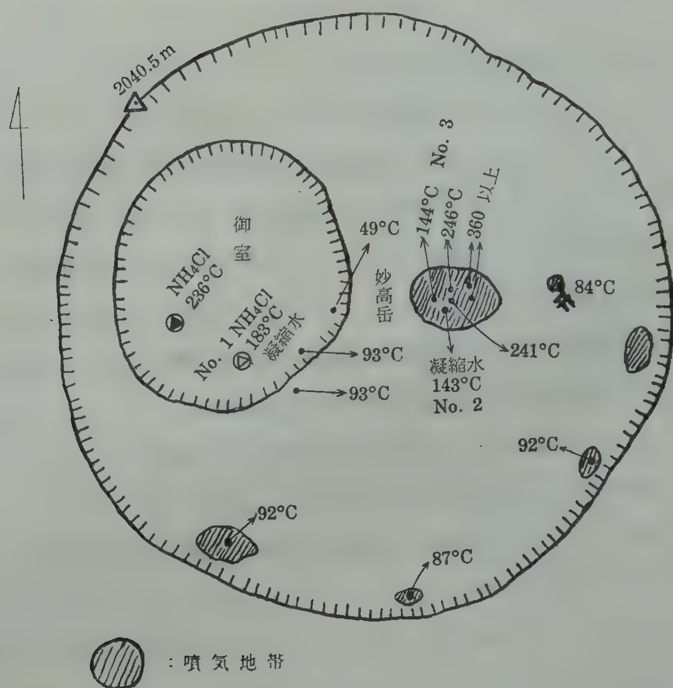
Br: 塩化アンモニウム 100mg を水 20 m*l* にとかす. この際不溶分は沪別して除きその沪液を 50 m*l* とする. その中 10 m*l* を白金皿にとり 2N Na_2CO_3 5 m*l* を加え water bath 上で蒸発乾涸し更に強熱してアンモニアを揮発させる. 残渣を水にとかす. 不溶物は沪過して除き $CaCO_3$ の共存下で $Ca(ClO)_2$ で酸化して臭素を臭素酸にかえ，過剰の $Ca(ClO)_2$ を蟻酸ソーダで分解して後 HCl および KI を加へ，臭素酸によつて酸化されて遊離したヨウ素を 0.001 N $Na_2S_2O_3$ で滴定した.

I: 先のアンモニアを揮発させた残渣を水にとかし塩酸酸性で $Ca(ClO)_2$ で酸化してヨウ素をヨウ素酸にし，過剰の酸化剤を蟻酸ソーダで分解し，HCl および KI を加え遊離したヨウ素を 0.001 N $Na_2S_2O_3$ で滴定し，臭素とヨウ素の和を求め，これより臭素を差引いてヨウ素を算出した.

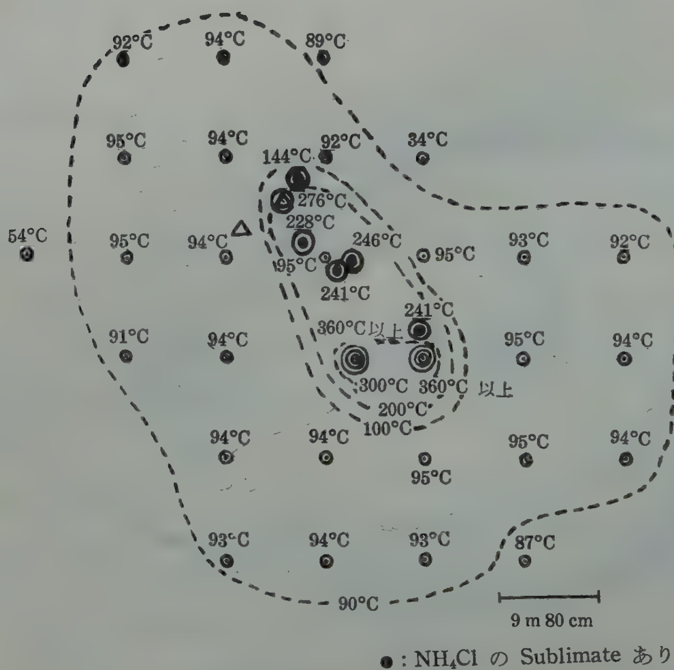
B: 塩化アンモニウム 50 mg を水 2 m*l* にとかし，濃硫酸 10 m*l*, 0.025 % カーミン硫



第1図 岩 手 山 (この図は桜井の原図よりとり，これに噴気孔の温度を記入したものである)



第 2 図　東 岩 手 山



第 3 図　妙高ガ岳斜面の温度分布

酸溶液 10 m*l* を加へ，硼素による呈色を光電比色計で測定した.

尚ガスの組成は現地でハルデンを用いて分析した．また凝縮水は軟質ガラス管 3 本を接続し空気冷却で採取したものである.



火口底の 183°C を示す噴気孔における塩化アンモニウムの結晶（岩塊に真白い結晶となつて附着している）と塩化アンモニウムを含む熱気

§ 3. 調査結果

岩手山山頂附近における噴気孔の位置は第 1，2 図に示す通りである．最も高温の噴気孔は火口底（御室）と中央火口丘妙高ガ岳の斜面にあるが，この中でも妙高ガ岳斜面にあるものは第 3 図に示す通り噴気地帯の面積も広く 9 m 80 cm 間隔に精細に地中温度を測定した結果最高温部は 360°C を越えることが判明した，一般に 100°C 附近の温度を示す噴気孔には多量の alunogen, halotrichite, sulphur 等が析出しているが 144～205°C を示す噴気孔には塩化アンモニウムが昇華物として多量に生長しているのがみられる.

この昇華物を分析すると 99.4～99.9 % が NH_4Cl できわめて純粋である．不純物としては臭素 0.14～0.21 % ヨウ素 0.0003 % 水に不溶物 0.1 % 等が含まれている.

第 1 表　岩手火山産塩化アンモニウム

	No. 1	No. 1′	No. 3
採取日	1960.7.27	1960.9.29	1960.9.29
採取場所	御室火口底	御室火口底	妙高ガ岳の東側斜面
噴気孔温度(°C)	205	184	144
Cl^- (%)	65.9	66.1	66.3
NH_4^+ (%)	33.5	33.4	33.6
SO_4^{--} (%)	0.0	0.0	0.0
Br^- (%)	0.15	0.21	0.14
I^- (%)	—	0.0003	0.0003
B (%)	0.000	0.000	0.000
Br/Cl	0.23×10^{-2}	0.32×10^{-2}	0.21×10^{-2}
水に不溶物	0.1	0.1	0.1
水溶液の pH	約 5.5		

塩化アンモニウムについての理論値：
NH_4^+ 33.7%，Cl^- 66.3%

第 2 表　東岩手山山頂噴気の化学組成

	御室火口底	妙高ガ岳東側斜面
測定日	1960.9.30	1960.9.29
噴気孔温度(°C)	183	144
気温(°C)	20	14
H_2O (vol%)	98.2	98.3
CO_2 (vol%)	1.84	1.46
H_2S (vol%)	0.117	0.109
SO_2 (vol%)	0.152	0.0817
HCl (vol%)	0.0185	0.0376
NH_4Cl (vol%)	0.00167	0.00181
その他 (vol%)	0.0390	0.00981

第3表　東岩手山山頂噴気の凝縮水の化学組成

	御室火口底	妙高ガ岳東側斜面	妙高ガ岳東側斜面
測定日	1960.9.30	1960.9.29	1960.9.29
噴気孔温度(°C)	183	144	143
pH	1.4	1.8	1.5
酸度 (N)	0.0796	0.0202	0.0415
H_2S (mg/l)	104	241	47
SO_2 (mg/l)	143	297	130
SO_4^{2-}(mg/l)	5.4	1.0	1.4
Cl^- (mg/l)	2876	784	1540
Br^- (mg/l)	1.0	0.2	0.5
I^- (mg/l)	1.8	0.3	0.36
B (mg/l)	0.0	0.0	0.0
Na^+ (mg/l)	2.38	6.21	2.03
K^+ (mg/l)	0.16	0.43	0.36
NH_4^+ (mg/l)	16.2	18.4	12.0
Fe^{2+} (mg/l)	0.10	0.39	0.36

噴気の組成は第1表のごとくであつて水分が98%を占め，この外にCO_2, H_2S. SO_2, HCl, NH_4Cl などが含まれている．またこの噴気から得た凝縮水の化学組成は第2表の通りである．凝縮水は pH 1.4 で強酸性を示し，塩酸の含量がきわめて多く Cl^- 2876mg/l を示し，これについで H_2S, SO_2 が多く，硫酸はきわめて少い．アンモニアは比較的多く, NH_4^+ として 12〜18mg/l 含まれている．

文献

1) 桜井広三郎：震予報 **44**，5〜62 (1903).
2) "巖手山記" 岩手山壱万講社 (1920).
3) 日本噴火誌上編 159〜163.
4) 今村明恒：学芸雑，**35**，614 (1918).
5) 地震，VII-(4). 221 (1953).

学 会 記 事

○学会消息

第5巻第2号に報告されているごとく，1961年にイタリーにおいて，国際火山学会（I.A.V.）のシンポジュームが開催されることとなつた．最近 I. U. G. G. の事務総長より本件について次のような連絡があつた．

Symposium on Ignimbrites and Hyaloclastics.

This meeting, to be convened by Professor Rittmann, will be held in Catania, Sicily, from September 15 to 24, and will include field excursions as well as scientific sessions. The topics covered will deal with fundamental properties of the rock types, as well as with the obvious applications to human welfare in volcanic regions. Six speakers are being invited. The papers will be published in full in the Bulletin Volcanologique, but in addition, it is proposed to include the summaries and discussions in an IUGG Monograph, edited by Professor Penta.

太平洋学術会議開催について

1961年8月21日から9月6日までの期間，ホノルル市ハワイ大学において，第10回太平洋学術会議（Tenth Pacific Science Congress）が開催される予定である．

この会議は農学，人類学および社会科学，植物学，動物学および昆虫学，林学，地理学，地球物理学，公衆衛生および医学等に分れており，各々がまたいくつかの専門に分けられている．

地球物理学の中の Solid Earth Scieces の分野では次のような Symposium 題目が挙げられている．

Division of Solid Earth Sciences

Organizer: Dr. Gordon A. Macdonald (Dept. of Geology and Geophysics, Univ. of Hawaii, Honolulu 14, Hawaii)

1) Pacific Island Terraces: Eustatic?
   Convener: Dr. R.J. Russell, Louisiana State Univ., Baton Rouge, Lousiana
2) Tsunamis
   Convener: Dr. W.G. van Dorn, Scripps Institution of Oceanography, San Diego, California
3) Topography and Sediments of the Pacific
   Convener: Dr. E.L. Hamilton, U.S. Navy Electronics Laboratory, San Diego, California
4) The Earth's Crust in the Pacific Basin
   Convener: Dr. E.J. Robertson, Dept. of Scientific and Industrial Research, Wellington, New Zealand
5) Volcanism and Plutonism in Relation to Types of Crustal Deformation
   Convener: 久野　久

なお会期後ハワイ島に一般向きの見学旅行が，ハワイ島およびマウイ島へ地球物理学および地理学的な見学旅行が計画されている．

より詳細を知り度い方は下記に申込めばCircular of Information を送付して呉れるはずである．

Mr. Harold J. Coolidge
Secretary-General
Tenth Pacific Science Congress
Bishop Museum
Honolulu 17, Hawaii, U. S. A.

私費でこの会議に参加を希望される方も，日本学術会議内太平洋学術会議委員会（委員長 日高孝次）に申込むことになつている．ホノルル滞在中は大学寄宿舎其の他に宿泊出来るので，1泊2食付きで5$程度ですむ予定である．（久野　久）

日本火山学会名誉会員

小倉　勉　　柴田雄次　　坪井誠太郎

日本火山学会賛助会員　（順不同　昭和36年2月28日現在）

伊東温泉組合	伊東市松原　伊東市役所内
川奈ホテル	伊東市川奈 1459
明石製作所	東京都品川区東品川 5の1
十和田自然科学博物館	青森県三本木町
同和鉱業株式会社	東京都中央区八重洲口　鉄鋼ビル
株式会社徳力本店	東京都千代田区神田鍛冶町2の16
八幡製鉄株式会社	東京都千代田区丸ノ内1ノ1　鉄鋼ビル
野村鉱業株式会社	東京都千代田区大手町2ノ2　野村ビル
伊東下田電鉄株式会社	東京都渋谷区大和田 98　東急内
阿寒硫黄鉱業株式会社	東京都中央区銀座西二丁目三番地　中島ビル内

日本火山学会委員　（昭和35年4月—昭和37年3月）

委員長	久野　久		
委　員	安芸敬一	佐々憲三	島津康男
	下鶴大輔	諏訪　彰	坪井忠二
	永田　武	早川正巳	水上　武
	宮部直己	村内必典	茂木清夫
	横山　泉	力武常次	和達清夫（以上地球物理）
	荒牧重雄	石川俊夫	一色直記
	河野義礼	牛来正夫	種子田定勝
	津屋弘逵	森本良平	八木健三
	山崎正男（以上地質）		
	岩崎岩次	小穴進也	野口喜三雄
	三宅泰雄（以上地球化学）		
庶務幹事	水上　武	上田誠也	荒牧重雄
	小坂丈予		
編集幹事	岩崎岩次	野口喜三雄	一国雅巳
	小沢竹二郎		
会計幹事	諏訪　彰	一色直記	竹山一郎
	小林和男	久城育夫	
学会連合担当幹事	上田誠也		

昭和36年2月28日発行　　　発行年3回

定価1部　金300円

編集兼発行者　日本火山学会

（東京大学地震研究所内）

入会希望者は会費500円を添えて地震研究所内日本火山学会宛御申込み下さい

（振替口座東京22229）

印刷所　株式会社　国際文献印刷社　笠井康頼

東京都新宿区山吹町 184

Vol. 5 Second Series No. 3

BULLETIN
OF THE
VOLCANOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

February 1961

Original Articles

THE VOLCANOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN
c/o The Earthquake Research Institute,
University of Tokyo, Tokyo, Japan